



ESTUDIO DEL DISTRICT HEATING. APLICACIÓN A PARTIR DE CENTRALES TERMICAS.

A. Fushimi⁽¹⁾, L. Zárate⁽²⁾, M. Hall⁽³⁾, M. Moreda⁽³⁾, M. Gómez⁽³⁾.

Tycsalp. Calle 45 N° 531 T III 5° D, La Plata, PBA, Tel/Fax: 0221 489 3285. E-mail: tycsalp@gmail.com
Tycsa, Depto. Ingeniería. M.Arbel 3700, 9 de Abril, Pdo E.Echeverría, PBA.Argentina.

RESÚMEN: en el presente trabajo sus autores intentan mostrar los beneficios que pueden ser obtenidos a partir de la utilización de calor de baja temperatura en sistemas de District Heating (DH) en nuestro País donde no se ha desarrollado ningún proyecto de este tipo, explicando los conceptos básicos del funcionamiento y características intrínsecas de los sistemas de DH, para luego identificar sus ventajas e implementación, especialmente en zonas australes frías de nuestro País. Se estudió y evaluó las performances de ciclos de vapor y turbinas de gas mediante modelos computacionales desarrollados en hoja de cálculo. La eficiencia de un sistema de Cogeneración debe medirse a través del ahorro de recursos que ésta produce frente a un sistema de referencia. Los análisis realizados fueron sobre los sistemas de generación eléctrica convencionales para un ciclo de vapor y una Turbina de Gas encontrando resultados favorables en ambos, para el ahorro de recursos debido al DH, en lugar de estufas a gas de tiro balanceado para producir el mismo calor.

Palabras claves: Cogeneración. District Heating. Uso Racional de la Energía. Calefacción de ambientes.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética de los procesos de conversión de los recursos energéticos primarios a vectores energéticos secundarios, utilizables para la población en general para actividades de producción de bienes y servicios, o para confort, es un aspecto fundamental para la sustentabilidad tanto energética como ambiental que asegure un futuro deseable para la Sociedad.

El descuido que se evidencia en nuestro medio a través de la relación entre los consumos anuales de energía secundaria (neta de exportaciones) y de energía primaria de nuestro País, puede ser considerado como la eficiencia de conversión de los recursos a vectores energéticos y ha sido graficado acorde a la información del Mecon (Secretaría de Energía de la Nación, 1960 a 2005). Los resultados se muestran en la Figura 1.

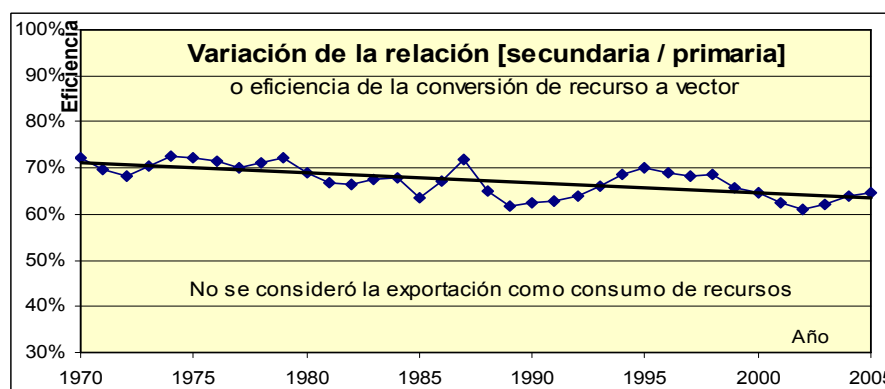


Figura 1: Relación entre los consumos anuales de energía secundaria y de energía primaria de nuestro País.

Como se observa en la Fig. 1, la eficiencia de conversión de nuestro País muestra una tendencia declinante en el período entre 1970 y 2005 (último año para el que se dispone de datos confirmados), mientras que la Unión Europea, acorde a su “Action Plan” 2005 – 2020 establece como objetivo, reducir en un 20% su consumo anual de recursos primarios respecto del año 2005, para el año 2020 (Commission of the European Communities, 2006).

¹ Director de Pasantes, convenio Tycsa - UNLP. Profesor de la Maestría en Gestión de la Energía (UNLA-CNEA). Miembro titular de la Academia de la Ingeniería de la Pcia. De Buenos Aires.

² Profesional Dto. Ingeniería Tycsa.

³ Profesionales y pasantes de Tycsalp.

En nuestro País la calefacción de espacios para mejorar la habitabilidad de recintos en épocas frías se hace en la mayoría de los casos por combustión de gas natural en estufas de tiro balanceado y en menor proporción en calderas de calefacción central con fan-coils, radiadores, losa radiante, etc. Desde el punto de vista termodinámico esto implica el uso de un combustible de **alta calidad para la producción de calor de baja exergía**, produciendo desaprovechamientos entálpicos, y exergéticos, que a la luz de los actuales paradigmas energéticos y ambientales deben ser evitados aún cuando el recurso degradado sea de bajo costo para el usuario.

CALEFACCIÓN POR DISTRICT HEATING

Las instalaciones de District Heating (DH) utilizan el calor de baja temperatura de la generación termoeléctrica, excedentes industriales, incineradores de residuos urbanos o biomásicos, etc. que generalmente se eliminan al ambiente, para calefaccionar los hogares, edificios y todo tipo de establecimientos de las distintas localidades de manera centralizada y minimizando la utilización de los recursos, generando un ahorro en los mismos y una importante mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero producida por la combustión de los mismos.

Este calor se transporta mediante fluidos diatérmicos en fase líquida o gaseosa a usuarios que lo demandan, a través de cañerías aisladas térmicamente y otros elementos complementarios que configuran el sistema DH, con lo que se logra una reducción muy significativa en el consumo anual de recursos combustibles.

En nuestro País, no existen instalaciones de DH, salvo casos específicos poco significativos como el del Copahue, las que son muy comunes en Países Europeos, en especial aquellos situados en climas fríos durante toda o la mayor parte del año, similares a los que existen en las regiones australes del País, o montañosas del oeste - sudoeste.

Las fuentes de calor que pueden ser utilizadas para el suministro a los sistemas de DH son:

- Calor de escape de máquinas de combustión interna.
- Calor del vapor de escape de turbinas de vapor, o residual de centrales termoeléctricas.
- Calderas convencionales, generalmente para suplementación.
- Calor excedente de procesos industriales.
- Calderas especiales de recuperación de calor de incineradores de residuos municipales, gas de los landfills, etc.
- Calor geotérmico, solar, o nuevas aplicaciones como ser los fuel cells, motor Stirling, bombas de calor, etc.

Generalmente, cualquier fuente de calor cuya temperatura sea suficiente puede ser utilizada para calentar agua de un sistema de DH. Como por ejemplo la incineración de residuos urbanos, aspecto que en una primera impresión causa cierto asombro, por cuanto se supone que esta operación es contaminante e inadmisibles ante los paradigmas ambientales actuales. Pero si la operación se hace con los controles y cuidados adecuados, es posible minimizar el impacto ambiental a niveles aceptables acorde a las normas europeas, que han optado por tratar de reemplazar la denominación “quemar la basura” asociada a una contaminación masiva por “valorizar los residuos a través de su aplicación energética” que aparenta ser una aplicación mas potable, que además les reduce la fuerte dependencia externa en combustibles, contribuye a la solución de la problemática de la enorme generación de residuos de la vida moderna en las ciudades, y les provee de puestos de trabajo. Debe considerarse además, que el acceso a la energía necesaria para el desenvolvimiento de los individuos de una sociedad, es considerado un derecho humano, por lo que deben buscarse los medios en lugares donde el clima frío hace necesaria la provisión de calor para enfrentarlo, aún recurriendo a los subsidios que fueran necesarios para los sectores carenciados y poco solventes. Todos estos conceptos, mantienen su validez para su aplicación en nuestro medio.

El sistema de calentamiento de agua en circuito abierto (warm tap water) puede hacerse a partir del mismo intercambiador domiciliario, o bien el sistema puede proveerlo separadamente como un servicio aparte (sistema centralizado). Este sistema tiene la ventaja de que es posible realizar el calentamiento del agua en las subestaciones optimizando la utilización del calor no capturado por los usuarios, permitiendo reducir la temperatura del retorno, y así maximizar la recuperación de calor del sistema. Asimismo, consideramos digno de mención por la creatividad ingenieril que debería ser emulada, el caso de Centrales Térmicas Mendoza, en la que sus ciclos de vapor utilizan como medio de condensación el agua de deshielo del Río Mendoza, que luego se distribuye a una temperatura mas confortable a la población, logrando con ello temperaturas de condensación del orden de 25 °C, sin necesidad de voluminosas torres de enfriamiento ni consumo de combustibles.

El almacenaje de calor es una sofisticación que permite compensar las desincronizaciones entre la demanda de los usuarios, y las posibilidades de recuperación del sistema, además de mejorar la calidad y seguridad del servicio, si bien implica valores muy altos de inversión.

EXPERIENCIA PROPIA EN SISTEMAS DE DH

A partir de un estudio de pre-feasibilidad para instalar un sistema de DH en la zona austral, nos vimos forzados a investigar arduamente en el tema ya que en nuestro país no existe experiencia alguna en estos sistemas. Si bien conocíamos los conceptos básicos del DH, no poseíamos conocimientos respecto de las características constructivas, operativas y productivas.

Luego, los resultados conceptuales relativos a los sistemas de DH, surgen de la investigación y de los contactos realizados con profesionales, productores y proveedores europeos y norteamericanos que trabajan en instalaciones de DH, que nos han permitido en cierta medida subsanar la falta de experiencia concreta en este tipo de proyectos, y hemos podido sacar las siguientes conclusiones:

- a) El problema de la flexibilidad necesaria en las cañerías por las dilataciones térmicas puede ser aliviada si los cambios de temperaturas pueden ser minimizados, lo cual implica moderar en lo posible la temperatura máxima, que se reduce a unos 100°C para ampliar la oferta de calor en el mercado.
- b) Para tal temperatura, y supuesto que el caño está además de aislado eficientemente y ubicado debajo del nivel congelado (permafrost), y en el tendido del caño se lo precalienta a unos 80°C y luego se lo ancla para que quede pretensado, las deformaciones que se producen por dilatación pueden ser compensadas por la deformación elástica de la cañería sin que este llegue a su tensión de fluencia.
- c) Esto implica que los caños de acero y preaislados no requieren expansores, y pueden ser tendidos en trincheras, en un lecho de arena que lo proteja en los movimientos que las cañerías pueden tener durante la operación. Luego se los cubre para que queden soterrados. En la ingeniería de la misma, se deben tener en cuenta los movimientos en las derivaciones, y los anclajes que pudieran ser necesarios.
- d) Los caños de acero tipo St 37 con costura longitudinal soldados por resistencia eléctrica (ERW) de espesor similar al Schedule 20, bajo la norma EN 253 son de aplicación frecuente en cañerías de transmisión de DH. Estos caños se proveen preaislados con poliuretano expandido en diferentes diámetros y espesores de aislación que facilita notablemente la instalación de las cañerías.
- e) Con un adecuado tratamiento del agua que circula por el sistema, principalmente asegurando un PH del orden de 9 y la ausencia de oxígeno disuelto en el agua, la vida útil de la cañería puede ser de 50 años o más. Pero es necesario evitar los movimientos por dilatación y contracción que perjudican el aislamiento térmico impermeable del caño, en otras palabras, la temperatura del agua en circulación debe ser lo más constante posible.
- f) El aislamiento térmico con espuma de poliuretano es usado prácticamente con exclusividad en cañerías de DH, tanto metálicas como de plástico, estas últimas para fluidos a baja presión. Esto se debe al bajísimo coeficiente de conductividad térmica del material, de 0.028 W/(m.K) prácticamente la mitad de la lana mineral o material similar. Cuando se usa este material de aislamiento existe el problema del envejecimiento que se acelera a mayores temperaturas, por lo que se recomienda no sobrepasar los 140°C.
- g) Este aislamiento se complementa con una cubierta de polietileno de diferentes tipos, que se aplican en la fábrica, garantizando la hermeticidad para evitar el ingreso de vapor de agua, que de ingresar perjudicaría la capacidad aislante térmico, y adicionalmente ocasionaría corrosión en el caño.
- h) Existe una línea completa de accesorios para facilitar las tareas a realizar en el tendido de este tipo de cañerías como piezas especiales, accesorios de cañerías preaislados, aparatos para aislar las uniones por soldadura in situ, instrumentos para pruebas, etc.

En cuanto al esquema conceptual del sistema, existen diferentes opciones de las que se seleccionarán los conceptos que resulten mas adecuados para cada caso en particular. En sistemas chicos, pueden ser provistos por una única Empresa todos los servicios necesarios:

Instalaciones de aporte de calor, en las que se produce el calentamiento del agua
 Instalaciones de transporte de calor hacia las subestaciones que lo vinculan al sistema de distribución.
 Uno o mas sistemas de distribución de calor que proveen el calor a los usuarios, incluyendo la comercialización.

En instalaciones mayores, puede ser necesaria la actuación de varias Empresas especializadas en uno o varios de los servicios necesarios, como por ejemplo, la provisión de calor estará en manos de quienes dispongan de calor residual, excedentes de procesos productivos industriales, y en especial centrales termoeléctricas.

También es posible la separación del sistema de transporte de calor con el de la distribución a través de las subestaciones con intercambiadores de calor de superficie que establecen el límite entre ambos.

De esta forma, habrá un circuito de transporte de calor desde la fuente correspondiente donde estarán el recuperador de calor y las bombas de transporte, hasta el primario del intercambiador de las subestaciones y el correspondiente tanque de expansión.

Los sistemas de distribución arrancarán desde las subestaciones, donde se encontrarán el mencionado intercambiador, las bombas de circulación de los sistemas de distribución y el tanque de expansión, y entregarán el calor a los usuarios a través de la red de distribución.

Este esquema conceptual resulta mas claro en cuanto a su manejo, pero su costo es elevado en términos de:

- 1 El circuito primario del intercambiador recibe una cantidad de energía en la forma de calor sensible, proporcional a la diferencia de sus temperaturas a la entrada y salida del aparato, debiendo ser esta diferencia maximizada en lo posible, para reducir el caudal (que implica una reducción de los diámetros de cañerías, y menor necesidad de energía de bombeo).

- 2 La transferencia de calor en el intercambiador requiere de un gradiente de temperaturas para su operación, que actúa en contra del concepto anterior, siendo necesario aumentar los caudales tanto en el circuito primario (transporte) como en el secundario (distribución).
- 3 Cada sistema de distribución requiere su instalación de bombeo, con lo que el número de ellas aumenta, impactando también en los costos.

Para cada usuario o grupos de usuarios, se proveería (a cargo de los mismos o de acuerdo a un arreglo comercial) un intercambiador de calor, cuyo circuito primario es jurisdicción del DH, y secundario del usuario del calor. Esto define el límite jurisdiccional a través del cual el usuario no recibe agua, sino solo calor. El intercambio de agua puede provocar en el circuito cerrado del DH inconvenientes que deben ser evitados.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética del sistema, es deseable que el usuario retire la mayor cantidad de calor por unidad de masa de agua circulada, lo que implica que la temperatura de salida del agua del DH sea la menor posible. Puede suceder que el usuario, en su afán de asegurarse un mayor suministro de calor trate de aumentar el caudal de agua del primario del intercambiador, con lo que el sistema pierde eficiencia por una menor recuperación en la central de calefacción, y una menor capacidad de transporte por kg de agua circulado. Esto puede ser evitado legalmente por el límite jurisdiccional, al que pueden agregarse incentivos adicionales que pueden ser establecidos en el sistema de medición y facturación del calor entregado.

Puede ser de interés considerar que el usuario, de utilizar gas natural para su calefacción y agua caliente, deberá adquirir una caldera doméstica cuyo precio puede ser equivalente al de los elementos utilizados para el DH. En Dinamarca la aplicación de estas calderas se trata de evitar penalizando su uso en concepto de la contaminación ambiental que produce.

La instalación del usuario arranca desde la conexión al secundario del intercambiador de placas, y el resto de la instalación que desee colocar en su propiedad, piso o losa radiantes, convectores, calefón para el warm tap water, tanque acumulador de agua caliente, etc.

La medición de la cantidad de calor entregada implica el conocimiento de las temperaturas de entrada y de salida del agua, y el caudal de agua que circula por el intercambiador, es decir, tres parámetros, con los que es posible determinar por cálculo la cantidad de calor entregada, en el circuito primario o secundario del intercambiador.

Otra forma de tarificación es midiendo el caudal entregado, como se hace en el gas natural. El gas natural es un vector energético por lo que su costo debe guardar relación con la cantidad de calor que se provee. Y que es el producto del volumen entregado por la cantidad de calor que cada unidad de volumen puede producir, que se denomina “Poder calorífico” del gas, valor que depende de la composición química del combustible.

ANÁLISIS DE UN CICLO CONVENCIONAL DE VAPOR PARA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DH

Para analizar las ventajas en términos energéticos, del aprovechamiento de calor de baja temperatura en Ciclos de Vapor Convencionales, se ha elaborado un modelo de cálculo en hoja de cálculo, de una turbina de vapor de 40 MW con las siguientes características y accesorios:

- 5 extracciones para precalentamiento regenerativo, entre las que una de ellas alimenta al desaireador
- el condensador
- dos intercambiadores de calor que utilizan vapor de las dos extracciones de baja presión para calentar el agua destinada al DH
- Todo el sistema alimentado con vapor sobre calentado de alta presión proveniente de una caldera

Las variables independientes más importantes son:

- Presión en cada una de las extracciones.
- Presión y temperatura de admisión de vapor a la turbina.
- Presión y caudal de vapor que ingresa al condensador.
- Rendimientos isentrópicos de las distintas etapas de la turbina.
- Rendimiento de la caldera.
- Temperatura de entrada y salida del agua para el sistema de DH.
- Caudal de agua enviado al DH.

El objetivo del análisis mediante el modelo, es poder comparar instalaciones de un mismo esquema conceptual, operando en iguales condiciones nominales, con la turbina trabajando convencionalmente sin utilizar el calor residual y la turbina en contra-presión aprovechando el calor de salida en el sistema de DH.

El procedimiento consistió en dejar fijos los parámetros de diseño, como son las presiones en las extracciones, admisión a la turbina y presión de condensación, y se adoptaron sólo como variables independientes el caudal a condensar y el caudal del sistema de DH.

Se realizaron varias corridas, variando el caudal de vapor a condensar y el caudal del agua de calefacción del sistema de DH, de tal modo de que el consumo de combustible se mantenga constante. Dichos caudales pueden tomar 2 valores extremos, uno maximizando la potencia eléctrica, operando la turbina sin suministrar calor al sistema de DH, es decir en el modo convencional, y el otro maximizando el calor suministrado al sistema de DH, lo que significa que el caudal a condensar es nulo. Tomando como parámetro la mayor utilización posible de calor para DH, se corrieron los valores intermedios con el fin de evaluar las performances en todo el rango de operación de sistema “Turbina + DH”.

El resultado de dichas corridas se muestra a través de la *Figura 2*, donde se observa claramente la conveniencia de maximizar la utilización de calor para DH, a expensas de una pequeña merma en la producción de electricidad. Esto se ve reflejado en la curva de rendimiento combinado que crece desde valores que rondan el 30 % cuando no se utiliza calor de baja exergía hasta valores del orden del 90 % utilizando vapor de baja temperatura con el fin de calefaccionar distintos ambientes. Se debe aclarar que la electricidad y calor fueron valorizados con la misma ponderación para el cálculo del rendimiento combinado, lo cual, si bien el calor de calefacción es de una calidad energética muy inferior al de la electricidad, resulta válido en cuanto a consumo de recursos puesto que es generado consumiendo gas natural, con un excedente cualitativo que se destruye con la práctica convencional de quemarlo en un calefactor, que además de tener una eficiencia exergética nula, tiene una eficiencia entálpica cuantitativa muy baja, del 50% según los trabajos de Juanicó et al, 2006. El reemplazo de esta práctica desastrosa desde el punto de vista termodinámico y práctico por un calor excedente de máquinas térmicas que de otra forma se eliminarían en cantidades masivas, es la característica más valiosa de la aplicación del DH con calor recuperado de centrales de generación eléctrica. No sería tan valiosa si el calor del DH se generara quemando gas natural en procesos “sólo calor”.

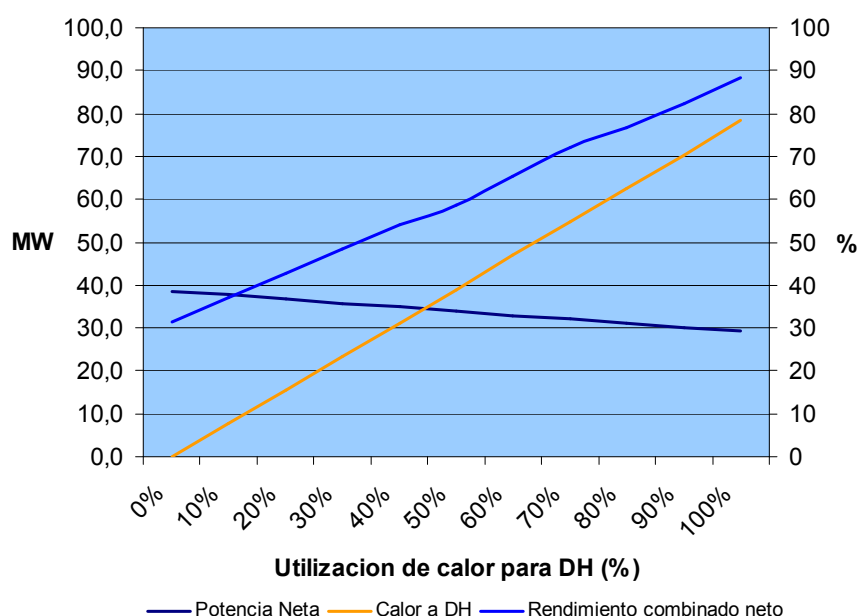


Figura 2. Performances del ciclo completo en función de la utilización de calor para DH

Las Performances del sistema operando a plena carga y con el 100 % de la utilización del DH son:

- Potencia indicada del ciclo: 32,21 MW
- Potencia en bornes del generador: 30,60 MW
- **Potencia Neta: 29,19 MW**
- **Calor entregado al DH: 78,40 MW**
- **Consumo de combustible en caldera: 122,00 MW**
- **Rendimiento Neto Combinado: 88.17 %**
- Consumo de calor del ciclo: 112,3 MW
- Consumo de gas natural ($\text{PCI} = 8400 \text{ kcal/m}^3$): 12.490 m^3/h

Los 78,4 MW entregados al DH son equivalentes a 8026.6 m^3/h de GN, que si el mismo calor se obtiene en estufas de tiro balanceado (rendimiento medio del 50%) (Juanicó et al 2006) el GN consumido resultaría de 16053,33 m^3/h .

Si la TV no aporta calor al DH es capaz de producir 38.59 MW de electricidad, por lo tanto el consumo de GN para producir la potencia eléctrica perdida por la utilización del DH, en la misma TV sin DH (rendimiento del 30 %) es de 3208 m^3/h .

Entonces el ahorro de Gas Natural entre utilizar la TV de manera convencional y con sistema DH es el GN ahorrado en las estufas menos lo que insume la merma en la potencia en otro ciclo convencional idéntico, es decir:

$$(16053,33 - 3208) \text{ m}^3/\text{h} = 12845,33 \text{ m}^3/\text{h} \quad (1)$$

Se intenta analizar la posibilidad de realizar el calentamiento necesario del agua para el DH sacrificando la menor cantidad de generación eléctrica posible respecto al máximo, que se identifica con su potencia nominal. Se entiende que, dado que el agua del DH debe ser calentada a una temperatura del orden de 100 °C, el valor disponible en condensación nominal no tiene temperatura necesaria, lo que obliga a disponer de vapor de extracciones de mayor temperatura, con lo que inevitablemente se perderá potencia generada. Por lo tanto, es necesario buscar las condiciones óptimas que minimicen este efecto y maximice la obtención del calor necesario.

Es preciso destacar que hay una gran diferencia en buscar el diseño óptimo para una instalación existente que será modificada, y una instalación totalmente nueva donde el diseño se puede ajustar a las necesidades. Una de las mayores complicaciones técnicas radica en la capacidad de modificación de las extracciones de vapor de la turbina necesarias para calentar el agua de DH, que si bien éstas pueden soportar una sobrecarga, tienen un límite que debe ser consultado al fabricante de la misma.

ANÁLISIS DE UNA TURBINA DE GAS PARA LA UTILIZACIÓN EN SISTEMAS DE DH

Al igual que en el ciclo de vapor se elaboró un modelo según base de datos de las turbinas de gas existentes para evaluar las performances del sistema Turbina de Gas + HRSG que alimentaría al sistema de DH. Se escogió una turbina de aproximadamente 40 MW de potencia nominal con el fin de comparar los resultados obtenidos con los expuestos en el caso anterior.

La Turbina de Gas elegida y sus características se detallan a continuación:

- Marca: General Electric Energy Aeroderivada (50 Hz)
- Modelo: LM 6000 PC
- Año: 1992
- Potencia (ISO): 42.890 kW
- Rendimiento (ISO): 41.76 %
- Consumo específico (ISO): 2059,43 kcal/kWh

Las condiciones ISO son 15 °C de temperatura ambiente, al nivel del mar y sin contra-presión a la salida de la turbina. Por lo tanto se deben ajustar los valores nominales de la máquina de acuerdo a las condiciones de contorno en el sitio a instalar las turbinas. En nuestro caso se han tomado los siguientes valores de condiciones de borde:

- Temperatura ambiente: 15 °C
- Altura sobre el nivel del mar: 20 m
- Contra-presión: 20 mbar

El modelo posee las mismas características que el utilizado para el ciclo de vapor simple, en cuanto al manejo de las variables independientes para utilizarlo en modo de diseño, con la diferencia de ser mucho más simple debido a que el sistema real lo es. El diagrama del modelo se presenta a continuación en la Figura 3.

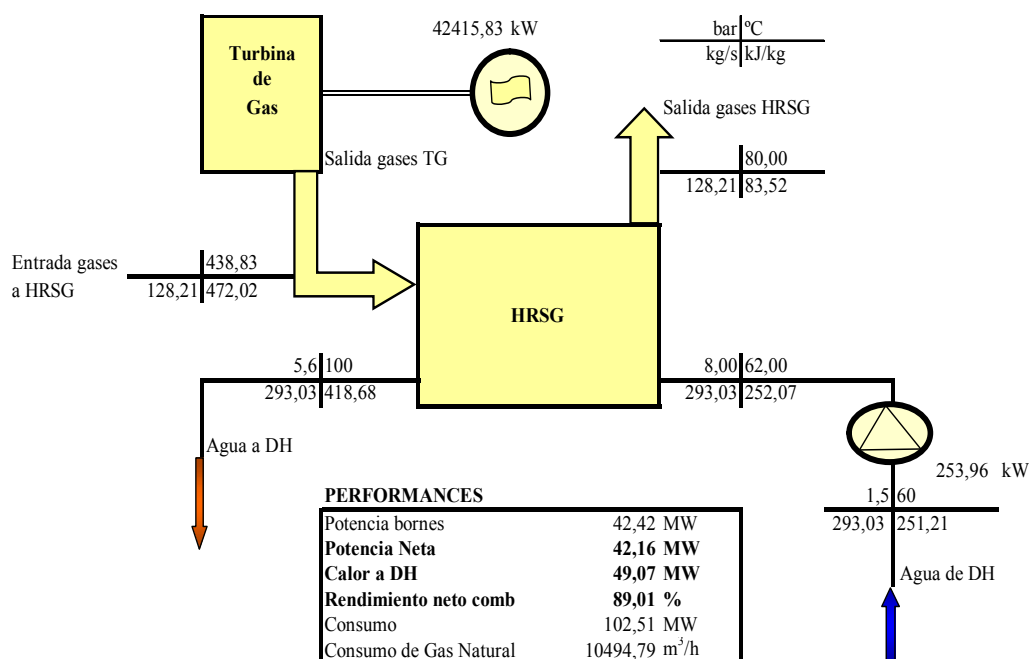


Figura 3: Diagrama del sistema [Turbina de Gas – Recuperador de calor] + DH

El funcionamiento de la instalación consiste en que los gases de escape de la turbina de gas, luego de haber producido trabajo en el eje de la misma, son introducidos en una caldera de recuperación, transfiriendo calor al agua del circuito de DH.

Tanto la temperatura como la masa de los gases de escape de la turbina alcanzan su valor máximo cuando la turbina funciona a plena carga (potencia nominal), entonces la mayor cantidad de calor obtenido coincide con la mayor producción de electricidad ya que se dispondrán de más gases calientes en la caldera de recuperación. Si la demanda de calor disminuye es necesario realizar un By-pass entre el HRSG y la salida de la turbina hacia una chimenea para reducir el flujo de gases calientes que entran al HRSG sin perder potencia en el eje de la turbina. Esta práctica implica que no se pueda aprovechar el calor expulsado por la chimenea, por el uso de un elemento de flexibilización como es el By-pass, pero es necesario para la regulación de las instalaciones de acuerdo a las demandas de calor y electricidad.

El consumo de GN equivalente para obtener 49,07 MW térmicos en estufas de tiro balanceado es 10.047,6 m³/h. Por lo tanto el ahorro en este caso entre producir los 42,16 MW eléctricos + los 49,07 MW térmicos es directamente **10.047,6 m³/h** ya que la potencia de la TG no se ve afectada por la utilización del sistema de DH.

El calor entregado en función de la evolución de las temperaturas dentro del recuperador puede verse en la *Figura 4*,

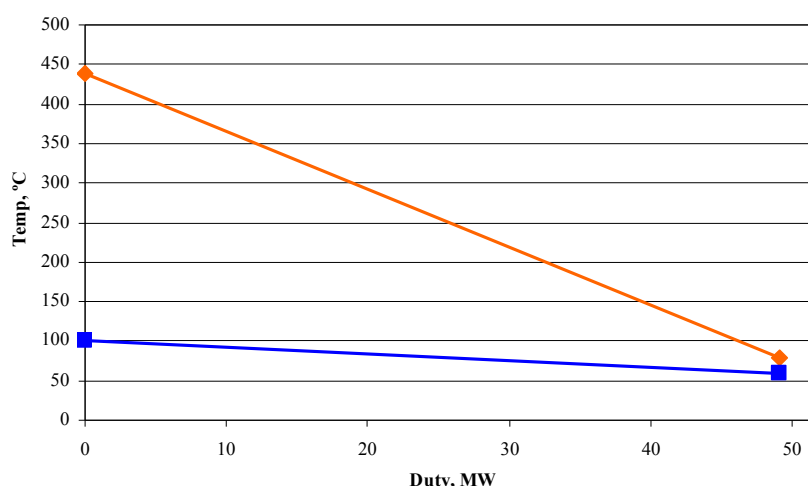


Figura 4: Perfil de temperaturas en el recuperador de calor por calentamiento de agua

Comparación entre ambos sistemas

Existe una gran diferencia entre los sistemas vistos, en el primero es necesario sacarle vapor a la turbina para calentar el agua del DH a expensas de una reducción de la electricidad producida, mientras que en el segundo sistema el calentamiento del agua se produce a partir de los gases de escape de la turbina, por lo tanto la maximización del calor entregado se obtiene con la turbina de gas funcionando a plena carga.

En cuanto a la operación de ambos sistemas se ha visto la conveniencia de maximizar la utilización de calor. En el caso de que la demanda de calor disminuya hasta valores bajos no resultaría eficiente la operación de la planta, y es por ello que este tipo de instalaciones resultan más ventajosas en zonas frías, por ser la demanda de calor elevada durante un amplio periodo de tiempo. No obstante en zonas templadas, donde existe una demanda de calor en un periodo más breve, es posible mediante el sistema de bomba de calor con máquinas de absorción producir frío y así ampliar el tiempo de utilización, generando calor en invierno y frío en verano para la climatización de ambientes. Este sistema se conoce como District Heating and Cooling (DH&C) y en el caso de que se obtenga a partir de una central termo-eléctrica se denomina Trigeneración. Para este tipo de sistemas se deben instalar el doble de tuberías para transportar los fluidos fríos y calientes por separado previendo que exista una simultaneidad de servicio como puede ser salas de conferencias, hoteles, etc, que necesiten frío en épocas de invierno.

Manteniendo constante la producción de calor de los dos sistemas, y calculando la producción eléctrica y el consumo de gas de cada uno se tienen los siguientes valores que ratifican que el sistema con TG es de mucho mejor calidad que el sistema basado en turbina de vapor.

	Sistema con	
	Turbina de Gas	Turbina de Vapor
Producción de calor, MW	49.07	49.07
Producción de electricidad, MW	42.16	18.27
Consumo de gas, MW	91.23	67.34
Factor energético $Sk = W / Q$	0.859	0.372

Tabla 1: Características principales de las máquinas analizadas.

CONCLUSIONES

El DH consiste básicamente en la provisión de una cantidad de energía de baja calidad, en reemplazo de la misma cantidad que tradicionalmente se hace insumiendo un combustible de alto contenido exergético y utilizando equipos de baja eficiencia cuantitativa. El consumo de este combustible puede ser reemplazado por calor de baja calidad que es masivamente eliminado a la atmósfera en las actividades antropogénicas; en la medida en que esto se lleva a la práctica, se produce una reducción del consumo de combustibles, con su consiguiente reducción del impacto ambiental. El DH es pues un medio para ello.

Puesto que el DH es aplicable a partir de cualquier fuente de calor existente en las zonas a calefaccionar, si su ejecución es a partir de centrales térmicas se obtiene un gran beneficio, respecto al ahorro de recursos, por el aprovechamiento del calor residual produciendo el calentamiento de agua de DH tanto en ciclos de turbinas de gas como de vapor, que en el caso de funcionar éstos de manera convencional sería desperdiciado.

La eficiencia de un sistema de Cogeneración debe medirse a través del ahorro de recursos que ésta produce frente a un sistema de referencia, y siendo que los análisis realizados fueron sobre los sistemas de generación eléctrica convencionales para un ciclo de vapor y una Turbina de Gas se han encontrado resultados favorables en ambos casos por el ahorro producido debido al uso del DH, habiendo utilizado como referencia el uso de estufas de tiro balanceado para producir el mismo calor.

En instalaciones ya existentes se obtiene un mayor ahorro de recursos para los ciclos de vapor a caldera, y esto se debe a su baja eficiencia natural como ciclo convencional, que al ser modificado para alimentar un sistema de DH se convierte en un sistema mucho más eficiente, pero que entre utilizar una TG o una TV es preferible el uso de TG's que permiten aprovechar mayor rango de temperaturas y así producir más trabajo, lo que implica una instalación de cogeneración de mayor calidad aunque el rendimiento global sea el mismo, además de su mayor versatilidad en la operación y regulación de la planta e instalaciones menos complejas.

Por lo tanto en el caso de estar en una etapa de proyecto donde se debe elegir un sistema para la implementación de la cogeneración en sistemas de DH, resulta más conveniente el uso de TG's, por ser los mismos más eficientes que los ciclos de vapor a caldera, siempre y cuando se disponga de Gas Natural para su operación, pero en los casos donde se dispone de combustibles sólidos (basura, bio-masa, carbón, etc) es necesario optar por el ciclo de vapor, ya que estos combustibles no son utilizables en la TG.

El aumento de la eficiencia energética por CHP + DH es posible durante todo el año en zonas frías del País, como su extremo Austral, en las que sería absurdo un proyecto de generación tipo "sólo electricidad", como consecuencia de hacer "más de lo mismo" ignorando la evolución que en el mundo ha sucedido con los paradigmas de sustentabilidad. Una mejor implementación de un proyecto de generación eléctrica desde el punto de vista de una mayor sustentabilidad del proyecto, sería limitar la capacidad del proyecto a la demanda térmica utilizable en las proximidades de la Central, distribuyendo la generación en unidades de capacidades acorde a lo mencionado, puesto que la electricidad generada puede tecnológicamente ser transportada a grandes distancias, no así el calor generado. Existe para ello localidades o ciudades en la zona patagónica Austral, como Ushuaia, Río Grande, Río Gallegos, Puerto Santa Cruz, Puerto Deseado, etc. que consumen importantes cantidades de gas natural para servicios de calefacción de espacios o suministro de warm tap water, donde el conjunto de centrales producirían más electricidad que la que sería demandada por las actividades de sus habitantes.

En la Argentina existen infinidad de centrales térmicas donde se podrían realizar proyectos de DH, produciendo un ahorro importante en el consumo de Gas Natural, lo que crearía mayor disponibilidad de este combustible para aplicaciones productivas que hoy son restringidas por déficit tanto en la producción como en el transporte.

REFERENCIAS

Mecon, Secretaría de Energía: Balances energéticos anuales, 1960 a 2005.

Commission of the European Communities: Communication from the Commission, COM(2006)545 final. Action Plan for Energy Efficiency: Realizing the Potential. Brussels, 19.10.2006.

Juanico, L., Gonzalez, A.D., Gortari, S. "Mejora de la eficiencia de calefactores de tiro balanceado". ASADES 2006.

ABSTRACT: Authors of presently work will try to show the benefits that could be obtained from the use of low temperature heat in systems of District Heating (DH) in our Country where no Project of this type was undertaken so far. They explain the basic concepts of the operation and intrinsic characteristics of DH systems, and identify their advantages and how they could be implemented, specially in the cold weather Southern Area of the Country. They have studied performances of Steam, and Gas Turbine cycles by computational models developed in Spreadsheet. The quality of a cogeneration system has to be measured through the saving of resources that it produces compared to a reference system. Good results regarding saving resources were obtained in the analysis of conventional Steam and Gas Turbine for electricity generation systems when these machines are linked to a DH system instead of use traditional way to warm our rooms with balanced draft natural gas heaters.

Keywords: Cogeneration. District Heating. Rational use of energy. Space heating.